

PENGARUH SUHU DAN KONSENTRASI TERHADAP PENYERAPAN LARUTAN GULA PADA BENGKUANG (*Pachyrrhizus erosus*)

[EFFECT OF TEMPERATURE AND CONCENTRATION ON THE ABSORPTION OF SUGAR SOLUTION IN BENGKUANG (*Pachyrrhizus erosus*)]

Oleh :

Malyan Afri Arlita¹, Sri Waluyo², Warji³

¹⁾ Mahasiswa S1 Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

^{2,3)} Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

✉ komunikasi penulis, email : Malyanafriarlita@gmail.com

Naskah ini diterima pada 12 Agustus 2013; revisi pada 14 Agustus 2013;
disetujui untuk dipublikasikan pada 15 Agustus 2013

ABSTRACT

*Processing of foodstuffs mostly involves temperature and water. Interaction among the product, temperature and water changes the physical and chemical properties. The aim of this research was applying the Peleg's equation to evaluate the effect of temperature and concentration of sugar solution on the absorption of sugar into bengkuang (*Pachyrrhizus erosus*). This research was designed at two different variables, which were temperature and concentration of sugar solution. The temperature was set up at three levels : 30 °C, 40 °C and 50 °C, meanwhile the concentration was made at three levels : 20,6 °Brix, 30,7 °Brix and 40,7 °Brix. Three replications were conducted in each combination of the treatments along 450 minutes immersion duration. The results showed that the soaking temperatures affected to the absorption rate of sugar solution into bengkuang. The higher the soaking temperature the higher is the absorption rate. It was occurred the physical changes of bengkuang during soaking. The dimensions of the specimens decreased during immerse in the warm sugar solution. It may caused by water in the product comes out from the body. Furthermore, it proved that coefficient k_1 of Peleg's equation relates to temperature. The increasing of temperature was followed by decreasing of k_1 . At 30 °C and the concentration of 20,6 °Brix, the k_1 is 0,254. It decreased become 0,124 at temperature of 50 °C. The decreasing of k_1 was less with increasing of the concentration. Meanwhile, the coefficients k_2 decreased with increasing of the concentration. At temperature of 30 °C and concentration of 40,7 °Brix, k_2 is 19,76. It decreased become 14,11 at concentration of 40,7 °Brix. The decreasing of k_2 was less with increasing temperature.*

Keywords: Bengkuang, immersion, temperature, sugar concentration, physical properties

ABSTRAK

Pengolahan bahan pangan seringkali melibatkan suhu dan air. Interaksi bahan dengan suhu dan air akan merubah sifat fisik dan kimia bahan. Penelitian ini bertujuan menerapkan persamaan Peleg untuk mengetahui pengaruh suhu dan konsentrasi larutan gula pada proses difusi gula dalam bengkuang. Penelitian dirancang dengan menggunakan dua perlakuan yaitu suhu dan konsentrasi larutan perendaman. Suhu larutan gula perendam diset dalam tiga level yaitu 30 °C, 40 °C, dan 50 °C, sedangkan konsentrasi larutan gula dibuat pada 20,6, 30,7 dan 40,7 oBrix. Untuk masing-masing perlakuan terdiri dari tiga ulangan dengan lama waktu perendaman 450 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu perendaman berpengaruh terhadap laju penyerapan konsentrasi larutan gula ke dalam bengkuang. Semakin tinggi suhu perendaman, maka semakin cepat penyerapan larutan gula ke dalam bengkuang. Selama perendaman dalam air hangat berkonsentrasi gula, dimensi bengkuang berubah mengecil di semua arah yaitu panjang, tebal dan tinggi. Perubahan ini diduga karena adanya air yang keluar dari dalam bengkuang sehingga terjadi tarikan jaringan di dalam bahan. Dari analisis difusi menggunakan persamaan Peleg diperoleh bahwa koefisien k_1 berhubungan dengan suhu. Kenaikan suhu diikuti dengan penurunan k_1 yaitu pada suhu 30 °C dan konsentrasi 20,6 °Brix koefisien k_1 adalah 0,254 turun menjadi 0,124 atau sebesar 0,130 pada suhu 50 °C. Besarnya penurunan semakin kecil dengan naiknya konsentrasi. Untuk koefisien k_2 , kenaikan konsentrasi cenderung menurunkan koefisien k_2 yaitu pada suhu 30 °C dan konsentrasi 20,6 °Brix, k_2 adalah 19,76 turun menjadi 14,11 pada konsentrasi 40,7 °Brix. Besarnya penurunan k_2 semakin kecil dengan naiknya suhu.

Kata Kunci: Bengkuang, perendaman, suhu, konsentrasi gula, sifat fisik

I. PENDAHULUAN

Tanaman bengkuang termasuk dalam famili Leguminosae, tanaman ini berasal dari Meksiko dan Amerika Tengah bagian Utara, kemudian menyebar ke berbagai negara di Asia Tenggara termasuk Indonesia dibawa oleh bangsa Spanyol (Warisno, 2007). Umbi bengkuang, selain banyak dikonsumsi dalam bentuk segar, seringkali diolah menjadi makanan awetan misalnya manisan (Hariati dkk., 2012). Secara sederhana, cara pembuatan manisan adalah dengan merendam bahan di dalam larutan gula. Pembuatan manisan, selain untuk tujuan pengawetan juga untuk memperbaiki citarasa produk aslinya. Konsentrasi gula yang tinggi (sampai 70%) sudah dapat menghambat pertumbuhan mikroba perusak makanan. Kadar gula yang tinggi (minimum 40%) bila ditambahkan ke dalam bahan pangan menyebabkan air dalam bahan pangan menjadi terikat sehingga menurunkan aktivitas air dan tidak dapat digunakan oleh mikroba (Estiasih dan Ahmadi, 2009).

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan mengenai perubahan fisik dan kimia selama perendaman bahan biologi. Menurut Koide et al. (2001), kondisi perendaman akan berpengaruh terhadap karakteristik dan bentuk dari bahan. Untuk memperpendek waktu perendaman, biasanya digunakan air atau larutan lebih hangat (Hizaji et al., 2010). Penelitian pengaruh perendaman terhadap karakteristik fisik biji-bijian telah banyak dilakukan. Sebagai contoh, perendaman air hangat telah menyebabkan pengembangan biji kedelai (Santiana dkk., 2004) dan kacang merah (Agustina dkk., 2013). Thakur dan Gupta (2006) telah membuktikan bahwa waktu dan suhu perendaman berpengaruh terhadap larutnya beberapa materi di dalam beras. Ali dan Bhattacharya (1980) menyatakan bahwa perendaman dapat menyebabkan perubahan-perubahan enzimatis dalam gula dan komposisi asam amino beras sehingga kandungan nutrisinya berubah. Beberapa faktor yang berpengaruh

terhadap besarnya serapan air ke dalam bahan adalah luas permukaan, kandungan amilosa dan protein, dan suhu yang digunakan di dalam perendaman (Bett-Garber et al 2007).

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh suhu dan konsentrasi larutan gula terhadap kinetika reaksi penyerapan larutan gula dan perubahan fisik pada bengkuang.

II. BAHAN DAN METODE

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah water bath (Digiterm 200, P selecta), timbangan analitik OHAUS Triple beam, timbangan digital OHAUS (Adventurer cap. 2010 g), refractometer (Atago model PR 201), stopwatch, oven listrik (Venticell), cawan, digital caliper, gelas ukur, dan kertas tisu. Bahan yang digunakan dalam pengujian adalah bengkuang varietas lokal yang dibeli di pasar tradisional di Bandar Lampung.

Bengkuang segar dikupas kulitnya dan dipotong-potong dengan ukuran 1 cm tebal, 2 cm lebar, dan 3 cm panjang. Untuk mempelajari fenomena penyerapan larutan gula ke dalam bengkuang, spesimen bengkuang direndam di dalam larutan gula dengan dua variabel uji, yakni konsentrasi dan suhu larutan gula perendam. Konsentrasi larutan gula dibuat dengan menambahkan gula ke dalam air dengan perbandingan tertentu, konsentrasi larutan gula diukur menggunakan refractometer (Atago model PR 201) dan diperoleh tiga taraf konsentrasi yaitu 20,6 °Brix, 30,7 °Brix, dan 40,7 °Brix. Larutan gula kemudian dimasukkan ke dalam water bath, suhu perendaman dikontrol pada tiga suhu yang berbeda, yaitu 30 °C, 40 °C dan 50 °C. Volume larutan gula perendam dibuat satu setengah kali lebih besar dibandingkan dengan total volume sampel bahan sehingga seluruh sampel dapat terendam di dalam larutan gula. Untuk setiap variasi suhu dan konsentrasi, digunakan sejumlah 96 spesimen sebagai sampel. Selama periode perendaman (total 450 menit) sampel diamati perubahan: dimensi, total padatan

terlarut, dan bobotnya. Interval waktu pengamatan adalah 30 menit. Dalam setiap periode pengamatan, sebanyak tiga buah spesimen diambil sebagai ulangan untuk pengujian total padatan terlarut dan tiga buah spesimen diambil untuk pengukuran dimensi spesimen dilanjutkan dengan pengukuran kadar air. Selama perendaman, tebal, lebar, dan panjang spesimen kemungkinan berubah karena pengaruh suhu dan reaksi kimia. Untuk mengetahui perubahan tersebut, dimensi setiap sampel diukur menggunakan kaliper digital, 3 lokasi yang berbeda untuk setiap orientasi sebagai ulangan. Setiap spesimen tersebut selanjutnya ditimbang dan kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105 oC selama 24 jam untuk dihitung kadar airnya. Kadar air sampel dihitung dengan persamaan:

$$KA_{(bb)} = \frac{W_t - W_e}{W_t} \times 100 \% \quad (1)$$

dan

$$KA_{(bk)} = \frac{W_t - W_e}{W_e} \times 100 \% \quad (2)$$

dengan :

KA (bk) : kadar air basis kering (%)
 KA (bb) : kadar air basis basah (%)
 Wt : massa bengkuang saat ke-t perendaman (g)
 We : massa bengkuang setelah dikeringkan (g)

Nilai penyerapan larutan gula ke dalam bengkuang didekati dengan menggunakan persamaan Peleg. Persamaan ini umum digunakan untuk mengetahui mekanisme serapan air dalam bahan pangan. Bentuk umum persamaan Peleg (1988) adalah :

$$M_t - M_0 = \frac{t}{(k_1 + k_2 t)} \quad (3)$$

pada $t \rightarrow \infty$, $ME = M_0 + 1/k_2$

Keterangan :

M_0 : kadar gula bengkuang awal (obrix)

M_t : kadar gula bengkuang pada waktu t (obrix)

t : waktu (menit)

k_1 : konstanta laju persamaan Peleg sebagai fungsi suhu (°C)

k_2 : parameter adsorpsi bahan pangan (obrix)

Persamaan (3) dapat dilinierkan menjadi:

$$\frac{t}{M_t - M_0} = (k_1 + k_2 t) \quad (4)$$

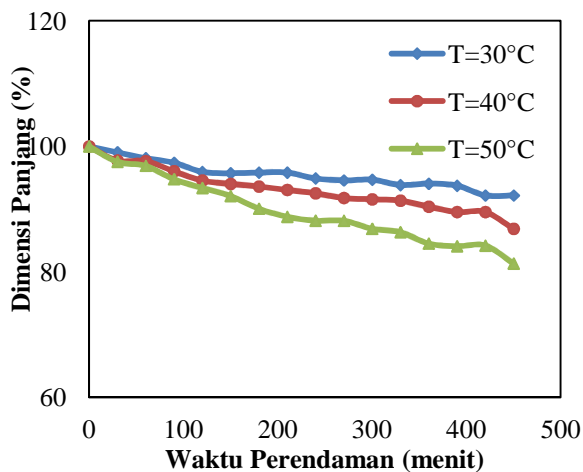
Persamaan (4) telah sukses diterapkan untuk berbagai produk seperti chestnut (Moreira et al., 2008), apel (Bilbao- Sáinz et al., 2005) dan kentang (Cunningham dan McMinn, 2007).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

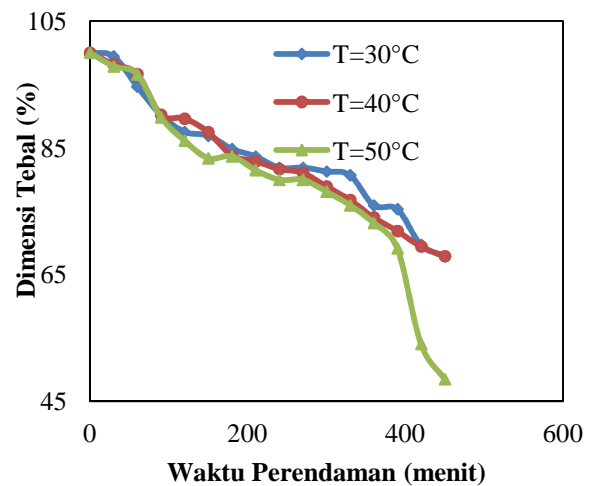
3.1 Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Larutan Gula Terhadap Perubahan Dimensi Bengkuang

Berdasarkan hasil pengamatan, terjadi perubahan dimensi bengkuang selama perendaman. Perubahan bengkuang, dinyatakan dengan perbandingan panjang setelah waktu perendaman t terhadap panjang awalnya (satuan persen), terjadi pada tiga orientasi, yaitu panjang, lebar, dan tebal sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1, 2, 3. Gambar tidak menampilkan seluruh hasil pengamatan pada variasi suhu dan konsentrasi larutan gula perendam, namun pola serupa contoh diperoleh pada semua perlakuan.

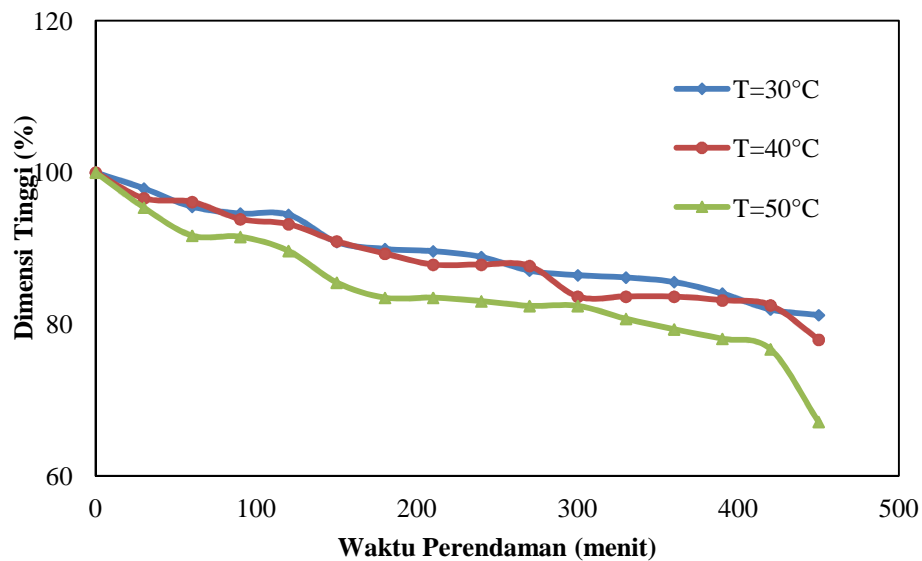
Dari Gambar 1, 2, 3 dapat dilihat bahwa suhu berpengaruh pada perubahan dimensi pada keseluruhan konsentrasi larutan gula yang digunakan. Semakin tinggi suhu perendaman maka penurunan dimensi bengkuang tampak semakin nyata. Namun demikian, perbedaan perubahan dimensi sampel selama perendaman menurun dengan kenaikan konsentrasi gula perendam.



Gambar 1. Grafik rasio dimensi panjang selama perendaman pada suhu yang berbeda dengan konsentrasi 20,6 °Brix.



Gambar 2. Grafik rasio dimensi tebal selama perendaman pada suhu yang berbeda dengan konsentrasi 40,7 °Brix.



Gambar 3. Grafik rasio dimensi tinggi selama perendaman pada suhu yang berbeda dengan konsentrasi 30,7 °Brix

Perubahan dimensi ke arah panjang, tampak lebih kecil dibandingkan dengan perubahan dimensi ke arah tebal dan lebar. Tidak sebagaimana biji-bijian dimana perendaman umumnya membuat biji menjadi mekar, perendaman bengkuang justru menyebabkan pengerutan bahan.

Pengerutan dimensi bengkuang diduga karena adanya air yang keluar dari dalam bahan yang menyebabkan dimensi bengkuang menjadi lebih kecil seiring dengan pertambahan waktu perendaman. Keluarnya air dari bengkuang dibuktikan dengan adanya penurunan kadar air. Semakin lama perendaman, kadar air bengkuang semakin menurun. Hal tersebut dikarenakan konsentrasi di lingkungannya lebih pekat, sehingga air dalam bengkuang

bergerak ke larutan gula yang memiliki konsentrasi yang lebih tinggi yang menyebabkan perubahan dimensi cenderung mengecil.

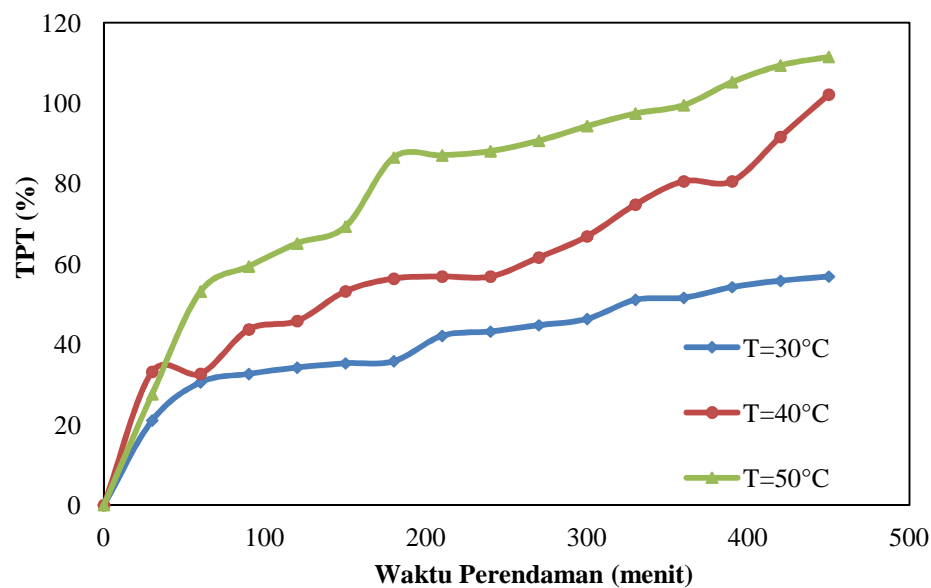
Bentuk, ukuran dan ketebalan potongan buah berpengaruh terhadap kehilangan air, kehilangan air meningkat dengan peningkatan luas permukaan potongan buah. Panagiotou et al., 1998 menyatakan bahwa ukuran sampel buah memiliki pengaruh negatif pada kehilangan air selama perlakuan osmosis. Rahman, 1992 dalam Chavan dan Amarowicz, 2012 mengamati bahwa koefisien distribusi air menurun dengan meningkatnya suhu dan luas permukaan dan meningkat dengan bertambahnya konsentrasi larutan dan ketebalan dimensi geometris minimum.

3.2 Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Larutan Gula Terhadap Perubahan Total Padatan Terlarut dan Kadar Air

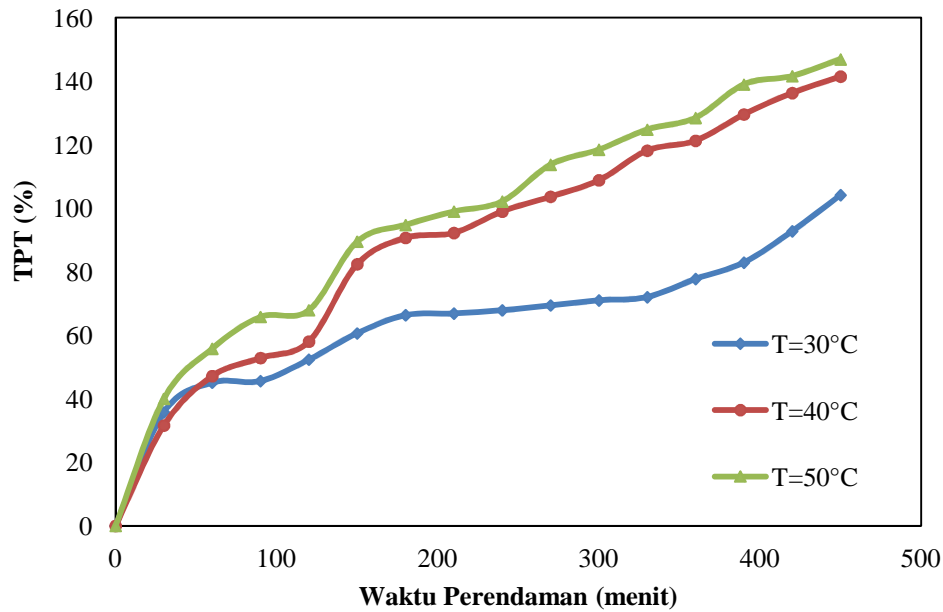
Berdasarkan hasil pengamatan selama proses perendaman menunjukkan bahwa total padatan terlarut mengalami perubahan pada semua tingkatan suhu dan konsentrasi larutan gula. (Gambar 4-6) Perubahan total padatan terlarut pada bengkuang

dipengaruhi adanya air yang keluar dari dalam bengkuang tetapi sebaliknya ada sedikit larutan gula yang masuk ke dalam bahan sehingga terjadi kenaikan total padatan terlarut. Hal tersebut dibuktikan dengan penelitian pendahuluan perendaman bengkuang pada larutan garam untuk membuktikan bahwa larutan perendaman masuk ke dalam bahan (data tidak ditampilkan).

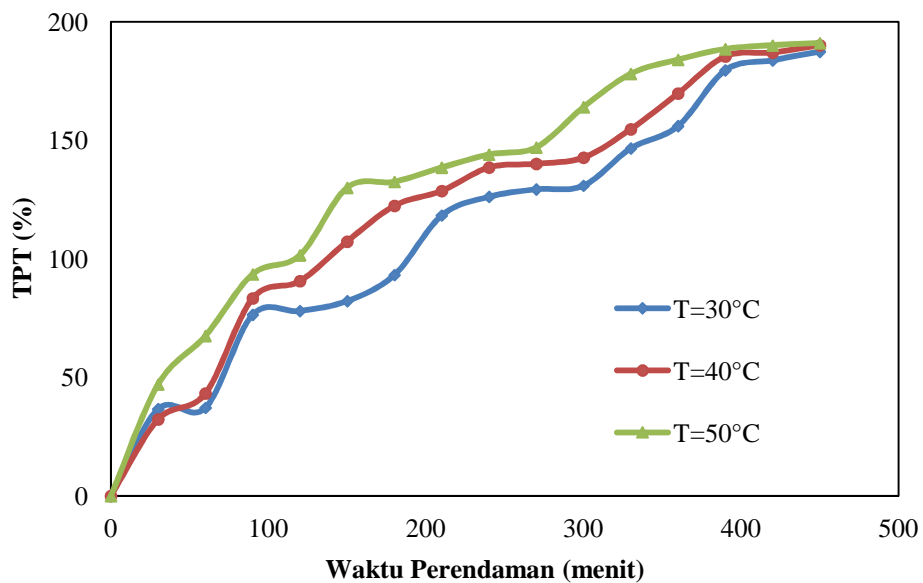
Perubahan total padatan terlarut bengkuang pada awal perendaman dengan konsentrasi 20,6 °Brix dengan suhu 30 °C menunjukkan bahwa peningkatan total padatan terlarut tidak signifikan. Pada suhu 40 °C dan 50 °C peningkatan total padatan terlarut cenderung meningkat. Semakin tinggi suhu perendaman dan konsentrasi larutan gula maka perubahan total padatan terlarut bengkuang terlihat signifikan. Dari gambar tersebut terlihat bahwa konsentrasi mempengaruhi perubahan total padatan terlarut bengkuang. Semakin tinggi suhu dan konsentrasi larutan gula mengakibatkan perubahan total padatan terlarut bengkuang terjadi peningkatan yang signifikan.



Gambar 4. Grafik perubahan total padatan terlarut bengkuang selama perendaman pada suhu yang berbeda dengan konsentrasi 20,6 °Brix.



Gambar 5. Grafik perubahan total padatan terlarut bengkuang selama perendaman pada suhu yang berbeda dengan konsentrasi 30,7 °Brix.



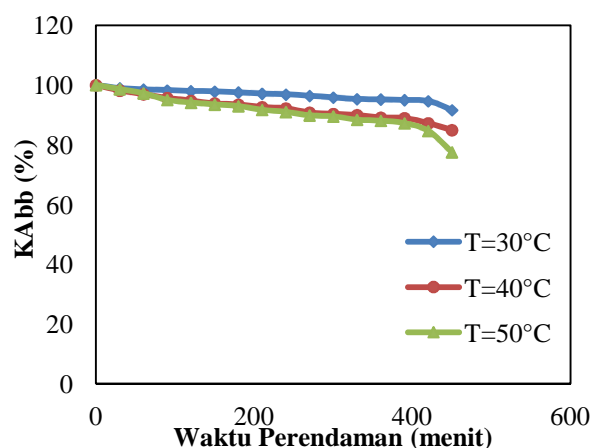
Gambar 6. Grafik perubahan total padatan terlarut bengkuang selama perendaman pada suhu yang berbeda dengan konsentrasi 40,7 °Brix.

Rahman dan Lamb, 1991 dalam Chavan dan Amarowicz, 2012 menunjukkan bahwa kehilangan air dan penambahan gula meningkat secara linear dengan peningkatan konsentrasi gula dan suhu. Laju difusi gula adalah fungsi dari konsentrasi gula dan suhu. Kehilangan air dari sayuran dan buah-buahan terjadi di dua jam pertama dan memperoleh gula yang maksimum dalam waktu 30 menit (Conway et al., 1983 dalam Khan, 2012).

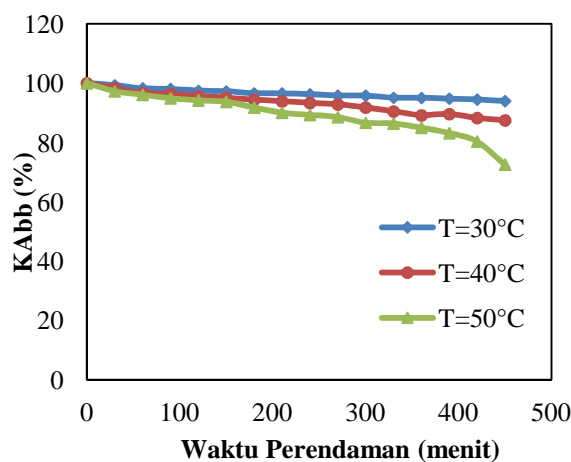
Kehilangan air selama perendaman ditunjukkan pada Gambar 7, 8, dan 9. Perubahan kadar air bengkuang pada penelitian ini cenderung menurun dengan lama waktu perendaman. Semakin tinggi suhu maka kadar air pada bengkuang semakin menurun baik pada konsentrasi larutan gula rendah maupun konsentrasi larutan gula tinggi. Perendaman bengkuang di dalam larutan gula menyebabkan terjadinya peristiwa osmosis dikarenakan tekanan osmotik dalam bengkuang kurang dari tekanan osmotik di lingkungan. Perpindahan air ini terjadi karena sel-sel bengkuang hipotonis terhadap larutan gula yang hipertonis. Sel-sel bengkuang kekurangan air (isi sel), akibatnya terjadi plasmolisis yang mengakibatkan penurunan tekanan turgor. Jika tekanan turgor menurun akibatnya bengkuang menjadi empuk dan lembek sehingga terjadi penurunan bobot bengkuang akibat perpindahan air dari sel-sel bengkuang ke larutan. Kelunakan bengkuang dan pengurangan bobot bergantung pada konsentrasi larutan. Semakin hipertonis larutannya, maka semakin lembek bengkuangnya, juga semakin banyak pengurangan bobotnya.

Menurut (Sudjadi, 2007), osmosis merupakan proses perpindahan molekul-molekul pelarut (air) dari konsentrasi pelarut tinggi ke konsentrasi pelarut yang lebih rendah melalui membran diferensial permeabel. Osmosis dikenal juga sebagai difusi dengan kategori khusus.

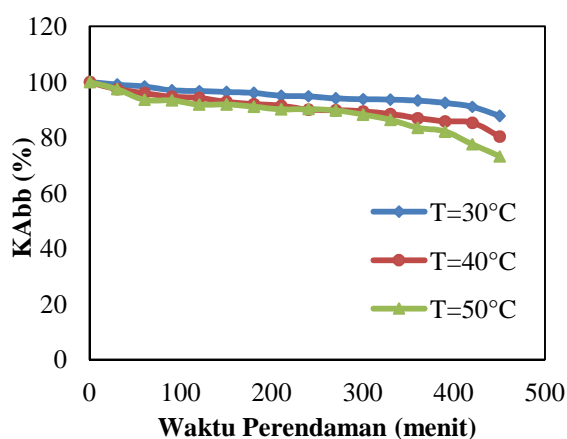
Adapun yang dimaksud air dalam proses osmosis tersebut adalah air dalam keadaan bebas yang tidak terikat dengan jenis molekul-molekul seperti gula, protein, atau larutan yang lain. Oleh karena itu, konsentrasi terlarut dalam suatu larutan merupakan faktor utama yang menentukan kelangsungan osmosis.



Gambar 7. Grafik pengaruh suhu perendaman terhadap rasio kadar air dengan konsentrasi 20,6 °Brix.



Gambar 8. Grafik pengaruh suhu perendaman terhadap rasio kadar air dengan konsentrasi 30,7 °Brix.



Gambar 9. Grafik pengaruh suhu perendaman terhadap rasio kadar air dengan konsentrasi 40,7 °Brix.

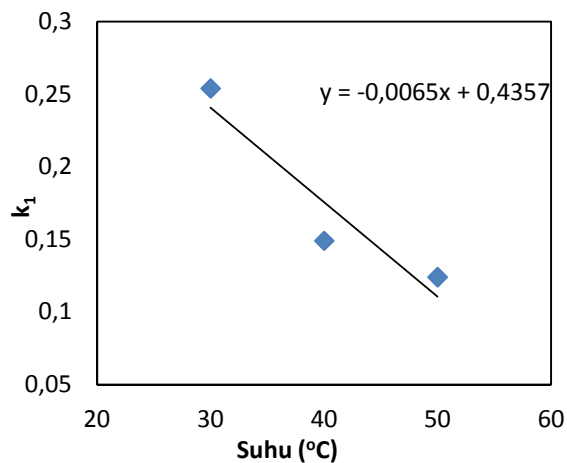
3.3 Analisis Serapan Gula dengan Persamaan Peleg

Data pada Tabel 1 diperoleh dari analisis regresi perubahan kadar gula dengan persamaan Peleg. Nilai k_1 dan k_2 dicari dengan menggunakan Persamaan yang menyatakan bahwa k_1 merupakan fungsi suhu dan k_2 merupakan suatu tetapan untuk beberapa jenis bahan pangan yang digunakan untuk parameter adsorpsi bahan pangan. Tabel 1 menunjukkan bahwa pada konsentrasi gula rendah (20,6-30,7 °Brix) kenaikan suhu diikuti dengan menurunnya nilai k_1 . Demikian juga kenaikan konsentrasi diikuti dengan menurunnya nilai k_1 . Hal ini tidak terjadi pada konsentrasi gula yang tinggi (40 °Brix) dimana nilai k_1 cenderung konstan.

Tabel 1. Nilai k_1 dan k_2 persamaan Peleg

Suhu (°C)	Konsentrasi (% brix)					
	20,6	30,7	40,7	20,6	30,7	40,7
	Nilai k_1			Nilai k_2		
30	0,254 (0,948)	0,154 (0,912)	0,061 (0,742)	19,76 (0,948)	13,06 (0,912)	14,11 (0,742)
40	0,149 (0,849)	0,092 (0,912)	0,061 (0,844)	18,52 (0,849)	11,49 (0,912)	11,47 (0,844)
50	0,124 (0,960)	0,089 (0,886)	0,064 (0,931)	10,77 (0,960)	13,17 (0,886)	7,557 (0,931)

Keterangan: angka di dalam tanda kurung menyatakan nilai R^2 persamaan Peleg



Gambar 10. Hubungan antara k_1 dan suhu

Gambar di atas menjelaskan dengan konsentrasi 20,6 °Brix koefisien k_1 akan turun sebesar 0,006/1°C kenaikan suhu. Pola kecenderungan serupa terjadi pada konsentrasi yang lain. Namun demikian tampak bahwa dengan naiknya konsentrasi, pengaruh suhu terhadap k_1 semakin kecil. Pada konsentrasi 40,7 °Brix, k_1 pada suhu 30°C adalah 0,061 (sama dengan nilai k_1 pada suhu 40 °C), berubah sedikit menjadi 0,064 pada konsentrasi 40,7 °Brix.

Sebagaimana dinyatakan oleh peleg, k_2 berhubungan dengan karakteristik serapan air dalam bahan pangan. Data Tabel 1 menyatakan bahwa kenaikan konsentrasi diikuti dengan turunnya koefisien k_2 . Artinya hasil ini sejalan dengan pemikiran Peleg. Pada suhu 30 °C dan konsentrasi 20,6 °Brix, k_2 adalah 19,76 turun menjadi 14,11 pada konsentrasi 40,7 °Brix. Pola serupa untuk suhu yang lain. Turunnya k_2 dengan kenaikan konsentrasi dapat dijelaskan sebagai berikut. Semakin tinggi konsentrasi maka jumlah molekul gula di dalam larutan semakin banyak (pekat), sehingga diperlukan energi yang lebih tinggi untuk terjadinya adsorpsi ke dalam bahan. Yang perlu dicatat bahwa kenaikan suhu cenderung menurunkan k_2 . Hasil ini belum dapat dijelaskan sumber penyebabnya dan perlu verifikasi lebih lanjut namun dugaan awal adalah kenaikan suhu akan membuat ketegaran spesimen buah menjadi lebih tinggi sehingga proses adsorpsi terhambat.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. Suhu berpengaruh terhadap laju penyerapan konsentrasi larutan gula kedalam bengkuang. Semakin tinggi suhu perendaman, maka semakin cepat penyerapan larutan gula ke dalam bengkuang.
2. Terjadi perubahan fisik pada bengkuang selama perendaman, yaitu bengkuang terlihat mengerut dan dari waktu ke waktu kerutan semakin mengecil. Kerutan yang terjadi pada bengkuang diduga terjadi karena adanya air yang keluar dari dalam bengkuang sehingga terjadi penurunan bobot bahan dan terjadi perubahan dimensi ke seluruh arah yaitu panjang, tebal dan tinggi.
3. Koefisien k_1 persamaan Peleg berhubungan dengan suhu. Kenaikan suhu diikuti dengan penurunan k_1 pada konsentrasi gula rendah (20,6-30,7 °Brix), tetapi tidak signifikan pada konsentrasi gula tinggi (40,7 °Brix).
4. Koefisien k_2 kenaikan konsentrasi cenderung menurunkan koefisien k_2 yaitu pada suhu 30 °C dan konsentrasi 20,6 °Brix, k_2 adalah 19,76 turun menjadi 14,11 pada konsentrasi 40,7 °Brix. Besarnya penurunan k_2 semakin kecil dengan naiknya suhu.

4.2. Saran

Saran dari penelitian ini adalah perlu diadakannya penelitian lanjutan untuk mengetahui sifat mekanik yang terjadi pada bengkuang selama perendaman dengan suhu yang berbeda dan konsentrasi larutan gula yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, N., Waluyo, S., Warji, dan Tamrin. 2013. Pengaruh Suhu Perendaman Terhadap Koefisien Difusi Dan Sifat Fisik Kacang Merah (*Phaseolus Vulgaris L.*). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 2(1), 37-44.
- Ali, S. Z., and Bhattacharya, K. R. 1980. Pasting behaviour of parboiled rice. *J. Texture Stud.* 11:239.
- Bett-Garber, K. L., Champagne, E. T., Ingram, D. A., and McClung, A. M. 2007. Influence of water-to-rice ratio on cooked rice flavor and texture. *Cereal Chem.* 84, 614-619.
- Bilbao-Sáinz, C., A. Andres and P. Fito, 2005. Hydration kinetics of dried apples as affected by drying conditions. *J. Food Eng.*, 68, 369-376.
- Chavan. U. D dan Amarowicz, R. 2012. Osmotic dehydration process for preservation of fruits and vegetables. *Journal of Food Research*, 1(2), 202 - 209.
- Cunningham, S.E. and W.A. McMin. 2007. Effect of processing conditions on the water absorption and texture kinetics of potato. *J. Food Eng.*, 84, 214-223.
- Estiasih, Teti dan Kgs Ahmadi. 2009. *Teknologi Pengolahan Pangan*. Bumi Aksara. Jakarta. 273 hlm.
- Hariati, Isni., B. T, Chairun. N dan Barus, Asil. 2012. Tanggap pertumbuhan dan produksi bengkuang terhadap beberapa dosis pupuk kalium dan jarak tanam. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 1(1), 99 - 108.
- Hizaji, A.S., Y. Maghsoudlou and S.M. Jafari. 2010. Application of Peleg Model to Study Effect of Water Temperature and Storage Time on Rehydration Kinetics of Air Dried Potato Cubes. *Latin American Applied Research*, 40, 131-136.
- Khan, R.M. 2012. Osmotic dehydration technique for fruits preservation-A review. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 22(2), 71-85.
- Koide, S., Tako, T., and Nishiyama, Y. 2001. Open crack formation in rice with cracked endosperm and cracked surface during soaking. (In Japanese with English abstract) *J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol.* 48:69-72.
- Moreira, R., F. Chenlo., L. Chaguri and C. Fernandes, 2008. Water absorption, texture and color kinetics of air-dried chestnuts during rehydration. *J. food Eng.*, 86, 584-594.
- Panagiotou, N.M., Karathanos, V.T. dan Maroulis, Z.B. 1998. Mass transfer modelling of the osmotic dehydration of some fruits. *International Journal of Food Science and Technology*, 33, 267-284.
- Peleg, M. 1988. An empirical model for the description of moisture sorption curves. *Journal of Food Science*, 53, 1216-1217.
- Santiana, R.O., Waluyo, S., dan Suhandy, D. 2004. Pengaruh Lama Perebusan dan Perendaman Terhadap Tingkat Pengupasan Biji Kedelai. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, 8(1), Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Lampung, Lampung.
- Sudjadi, B dan Laila, S. 2007. *Biologi Sains dalam Kehidupan 2A Semester Pertama*. Surabaya : Yudhistira.
- Thakur, A. K., and Gupta, A. K. 2006. Water absorption characteristics of paddy, brown rice and husk during soaking. *J. Food Eng.* 75, 252-257.
- Warisno dan Dahana, K. 2007. *Budidaya Bengkuang*. Penerbit CV Sinar Cemerlang Abadi. Jakarta.